

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017866

International filing date: 01 December 2004 (01.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-175639  
Filing date: 14 June 2004 (14.06.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 January 2005 (27.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

01.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 4 年   6 月 1 4 日  
Date of Application:

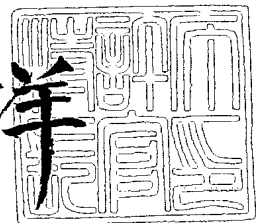
出 願 番 号            特 願 2 0 0 4 - 1 7 5 6 3 9  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 4 - 1 7 5 6 3 9 ]

出      願      人            株式会社日立メディコ  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   1 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 PE29342  
【提出日】 平成16年 6月14日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 A61B 8/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区内神田一丁目 1 番 1 4 号  
                        株式会社日立メディコ内  
    【氏名】 浅房 勝徳  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区内神田一丁目 1 番 1 4 号  
                        株式会社日立メディコ内  
    【氏名】 篠村 隆一  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000153498  
    【氏名又は名称】 株式会社日立メディコ  
【代理人】  
    【識別番号】 100098017  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 吉岡 宏嗣  
【先の出願に基づく優先権主張】  
    【出願番号】 特願2003-402936  
    【出願日】 平成15年12月 2日  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 055181  
    【納付金額】 16,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0008154

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

被検体との間で超音波を送受する探触子と、該探触子に駆動信号を出力する送信部と、前記探触子から出力される受信信号を処理する受信部と、該受信部から出力される受信信号に基づき超音波像を再構成する画像構成部と、該再構成された超音波像が表示される表示部とを備え、

前記送信部は、少なくとも 2 つの符号要素からなる複数の変調符号を合成して合成変調符号を形成し、該合成変調符号によって基本波を変調して符号化駆動信号を生成する変調手段を有し、前記受信部は、前記各変調符号に対応した復調符号によって前記探触子から出力される受信信号を復調する合成符号復調手段を有してなることを特徴とする超音波診断装置。

**【請求項 2】**

前記変調手段は、前記複数の変調符号のうち、一の変調符号により他の変調符号の符号要素を変調して前記合成変調符号を形成するものとし、制御指令に応じて、前記合成変調符号の符号要素を別の変調符号により更に変調することを特徴とする請求項 1 に記載の超音波診断装置。

**【請求項 3】**

前記複数の変調符号のうち、一の変調符号の符号間隔が他の変調符号の符号間隔よりも大きいことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の超音波診断装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】超音波診断装置

【技術分野】

【0001】

符号化送受信を行う超音波診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超音波診断装置は、送信部から探触子に駆動信号を出力することにより、探触子を介して被検体に超音波を送波すると共に、被検体から発生する反射エコー信号を受信し、探触子から出力される受信信号に基づき超音波像を再構成する。

【0003】

このような超音波診断装置では、超音波像の分解能を向上させる技術の1つとして符号化送受信技術が採用される。符号化送受信技術とは、超音波エネルギーを拡散させるように、少なくとも2つの符号要素からなる変調符号によって基本波を変調して符号化駆動信号を生成し、生成した符号化駆動信号を探触子に供給する。そして、探触子から出力される受信信号を変調符号に対応した復調符号で復調して超音波エネルギーを収束させることにより、超音波エネルギーの効率化を図ることが行われる（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】特開昭61-245777号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の符号化送受信技術では、例えば、拡散させた超音波エネルギーを収束させるときに拡散領域に超音波エネルギーが残存すると、復調した受信信号にタイムサイドロープが発生する。その場合、発生したタイムサイドロープを低減するために、比較的高次の復調フィルタが必要となり、回路規模が増大するという問題がある。

【0006】

また、超音波エネルギーの効率化をより図るために、変調符号を形成する符号要素の数を増やすと、その符号要素の数に対応して受信信号の時間軸上の幅が長くなるから、受信信号が断続的な処理（例えば、フォーカス段の切り替え処理）の影響を受け易くなり、タイムサイドロープの発生レベルが増大する。

【0007】

本発明の課題は、回路規模の増大を抑えつつ、タイムサイドロープを低減する符号化送受信を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するため、本発明の超音波診断装置は、被検体との間で超音波を送受する探触子と、探触子に駆動信号を出力する送信部と、探触子から出力される受信信号を処理する受信部と、受信部から出力される受信信号に基づき超音波像を再構成する画像構成部と、再構成された超音波像が表示される表示部とを備え、送信部は、少なくとも2つの符号要素からなる複数の変調符号を合成して合成変調符号を形成し、合成変調符号によって基本波を変調して符号化駆動信号を生成する手段を有し、受信部は、各変調符号に対応した復調符号によって探触子又は受信部から出力される受信信号を復調することを特徴とする。

【0009】

このように複数の変調符号を合成した合成変調符号を用いることにより、探触子から出力される反射エコー信号を復調処理するに際して、複数の変調符号にそれぞれ対応した復調符号を用いることにより、復調処理を複数段階に分割することができる。これにより、反射エコー信号に対し複数回復調処理を行うから、1回の復調処理と同等の特性を得るのに、各復調フィルタに比較的低次のフィルタを用いることができる。したがって、タイム

サイドロープの発生レベルを抑えつつ回路規模を小さくできる。

#### 【0010】

例えば、符号要素の数が64のグレイ符号を用いる場合、タイムサイドロープを低減するために、符号復調部として64次の自己相関フィルタが必要となるが、2つの変調符号を合成した合成符号を用いると、符号復調部を2段に分割することができる。これにより、各符号復調部として8次の自己相関フィルタを用いることができるようになり、符号復調部の回路規模を1/4に低減できる。

#### 【0011】

ところで、一般に、生体組織や血流像の超音波像の画像分解能を向上させるために、造影エコー法（コントラストエコー法）やティッシュハーモニックイメージング法などが行われる。造影エコー法は、被検体に投与した超音波造影剤のマイクロバブルにより散乱された超音波の基本波、2次高調波、3次高調波などに基つき超音波像を構成する技術である。ティッシュハーモニックイメージング法は、超音波が生体内を粗密波伝播する際に音圧差による音圧変化によって超音波に生じた波形歪みが生じることに着目し、生じた波形歪みに起因する高調波に基つき超音波像を構成する技術である。

#### 【0012】

このような造影エコー法やティッシュハーモニックイメージング法においては、高調波成分を強調する技術が提案されている。例えば、第N次高調波信号を得るために、2つの符号要素から形成される変調符号のうち、2番目の符号要素の位相を1番目の符号要素に対し $180^\circ/N$ だけ位相をシフトさせて符号化送受信を行う。そして、帯域制御フィルタにより、復調後の反射エコー信号から第N次高調波信号を分離して組織生成高調波イメージングの強調を図ることが行われる（例えば、特開2001-314400）。

#### 【0013】

このような技術に上記合成変調符号を適用することにより、反射エコー信号から分離する高調波成分をより一層強調させることができる。例えば、複数の変調符号の各符号要素はそれぞれ正負の極性を有し、変調部は、複数の変調符号を合成して合成変調符号を形成する際、合成変調符号の各符号要素が有する負の極性の次数に応じて、合成変調符号の各符号要素の位相を基本波に対し所定量だけシフトさせるものとし、合成符号復調手段から出力される反射エコー信号から所定の高調波成分を抽出する帯域制御フィルタを設ける。

#### 【0014】

これによれば、合成変調符号の各符号要素が、「負の極性（-1）」の次数に応じて、基本波に対して所定量だけ位相がシフトされることから、復調後の反射エコー信号は、所望の高調波が強調された信号になる。これにより、反射エコー信号の高調波のノイズ比が大きくなることから、高調波を帯域制御フィルタにより基本波から分離することが容易になるので、超音波像の画像分解能を向上させることができる。

#### 【0015】

例えば、2次高調波を強調させる場合、合成変調符号の各符号要素を、「負の極性（-1）」の次数に応じて基本波に対して $90^\circ$ 単位で位相をシフトさせればよい。また、3次高調波を強調させるときは、次数に応じて $60^\circ$ 単位でシフトさせればよいし、4次高調波を強調させるときは、次数に応じて $45^\circ$ 単位でシフトさせればよい。要するに、反射エコー信号のM次高調波成分（M：2以上の整数）を強調するときは、合成変調符号の各符号要素の「負の極性（-1）」の次数をN（N：整数）とすると、各符号要素を基本波に対して $(180^\circ/M) \times N$ だけ位相シフトすればよい。

#### 【0016】

反射エコー信号の高調波成分を強調させる他の技術として、同一走査ラインに対し超音波送受信を複数回繰り返す場合、各超音波送受信で用いる駆動信号の位相関係が互いに積和すると相殺する関係に設定し、その走査ラインで取得される各受信信号を合成することが行われる（例えば、USP 5,980,459）。

#### 【0017】

このような技術にも上記合成変調符号を適用することにより、反射エコー信号から分離

する高調波成分をより一層強調させることができる。例えば、変調部は、合成変調符号と、合成変調符号の各符号要素の位相を所定量だけシフトさせた他の合成変調符号を生成する手段を有し、合成変調符号によって走査ラインに対し超音波ビームを形成すると共に、走査ラインと同一の走査ラインに対し他の合成変調符号によって超音波ビームを形成し、走査ラインにおいて取得される各受信信号を合成して画像構成部に出力する。

#### 【0018】

これによれば、他の合成変調符号の各符号要素は、合成変調符号の各符号要素に対して所定量だけ位相がシフトされているので、合成変調符号に対応した受信信号と、他の合成変調符号に対応した受信信号とを合成することにより、合成信号は、基本波成分を抑制しつつ高調波成分が強調されたものになる。したがって、高調波成分のノイズ比が大きくなるから、超音波像の画像分解能を向上できる。

#### 【0019】

例えば、同一走査ラインに対し2回の符号化送受信を繰り返す場合、合成変調符号と、その合成変調符号の各符号要素に対し $180^\circ$ だけ位相がシフトされた他の合成変調符号とを生成し、合成変調符号に対応する受信信号と他の合成変調符号に対応する受信信号とを合成することにより、基本波成分を抑制しつつ2次高調波成分を強調することができる。また、同一走査ラインに対し3回の符号化送受信を繰り返すときは、合成変調符号と、その合成変調符号の各符号要素に対し $120^\circ$ だけ位相がシフトされた他の合成変調符号と、その合成変調符号の各符号要素に対し $240^\circ$ だけ位相がシフトされた他の合成変調符号を生成し、各合成変調符号に対応する各受信信号を合成することにより、基本波を抑制しつつ3次高調波成分を強調することができる。

#### 【0020】

要するに、同一走査線に対し複数回の符号化送受信を行うとき、各合成変調符号の位相関係は、積和すると基本波が相殺したり減少したりすると共に、高調波が増大する関係になるように、合成変調符号の位相を互いにシフトさせればよい。例えば、同一走査線に対し複数回A（A：自然数）の符号化送受信を行うとき、B回目（B：A以下の自然数）の符号化送受信で使用する合成変調符号は、（B-1）回目の符号化送受信で使われた合成変調符号に対し、位相が $360^\circ/A$ だけシフトされたものにすればよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0021】

本発明によれば、回路規模の増大を抑えつつ、タイムサイドローブを低減する符号化送受信を実現することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0022】

（第1の実施形態） 本発明を適用した超音波診断装置の第1の実施形態について図1乃至図10を参照して説明する。本実施形態は、2種類の変調符号を合成して合成変調符号を形成し、その合成変調符号によって符号化送受信を行う一例である。

#### 【0023】

図1は、本実施形態の超音波診断装置のブロック図である。図2は、図1の変調部の構成図である。図3は、図1の復調部の構成図である。図1に示すように、超音波診断装置1は、被検体との間で超音波を送受する探触子10と、探触子10に駆動信号を出力する送信部12と、探触子10により受波された受信信号（以下、反射エコー信号という。）を処理する受信部14と、受信部14から出力される反射エコー信号に基づき超音波像（例えば、Bモード像、Mモード像）を再構成する画像構成部16と、画像構成部16により再構成された超音波像が表示される表示部18などから構成されている。なお、送信部12と受信部14と画像構成部16と表示部18などの各部を制御する制御部20が備えられている。

#### 【0024】

送信部12は、超音波送波ビームのフォーカス処理をするための遅延タイミング信号を生成するタイミング信号発生手段22と、タイミング信号発生手段22から出力された遅

延タイミング信号に基づいて、少なくとも2つの符号要素からなる複数の変調符号を合成して合成変調符号を形成する変調部24と、変調部24から出力された合成変調符号を増幅する送波アンプ28を備えている。

#### 【0025】

変調部24は、合成変調符号code Xを生成する合成変調符号生成手段30と、合成変調符号code Xに対応したアドレス信号AXを生成する符号変調手段32と、符号変調手段32から出力されたアドレス信号AXに基づいて読み出される合成変調符号送信波形Xを格納する送信波形記憶手段26を有している。

#### 【0026】

合成変調符号生成手段30は、図2に示すように、タイミング信号発生手段22から出力された遅延タイミング信号に基づいてアドレス信号A1を発生する変調符号発生手段48と、変調符号発生手段48から出力されるアドレス信号A1に基づいて読み出される変調符号code 1を格納する変調符号記憶手段50を有している。また、タイミング信号発生手段22から出力された遅延タイミング信号に基づいてアドレス信号A2を発生する変調符号発生手段52と、変調符号発生手段52から出力されるアドレス信号A2に基づいて読み出される変調符号code 2を格納する変調符号記憶手段54と、変調符号記憶手段50から出力された変調符号code 1と変調符号記憶手段54から出力された変調符号code 2を合成して合成変調符号code Xを生成する符号合成手段56を備えている。なお、符号化駆動信号により形成した超音波ビームを被検体に射出すると、被検体から発生する反射エコー信号も符号化されたものとなるから、以下、説明の便宜上、符号化された反射エコー信号を符号化反射エコー信号と適宜称し、符号化されていないもの反射エコー信号と適宜称する。

#### 【0027】

受信部14は、図1に示すように、探触子10から出力された符号化反射エコー信号を増幅する増幅部34と、増幅部34から出力された符号化反射エコー信号をデジタル信号に変換するアナログデジタル変換部36（以下、ADC36）と、ADC36から出力される符号化反射エコー信号に対し第1段階の復調処理を行う第1の符号復調手段40と、第1の符号復調手段40から出力される符号化反射エコー信号を整相加算する整相部42と、整相部42から出力される符号化反射エコー信号に対し第2段階の復調処理を行う第2の符号復調手段44と、第2の符号復調手段44から出力される反射エコー信号を信号処理する信号処理手段46を有している。なお、第1の符号復調手段40と第2の符号復調手段44を含めて合成符号復調部38と総称する。

#### 【0028】

符号復調手段40は、図3及び図4に示すように、ADC36から出力された符号化反射エコー信号IN<sub>1</sub>（図4a）を一時的に保持する信号用レジスタ60と、復調符号decode 1を格納している復調符号記憶手段64と、復調符号記憶手段64から出力された復調符号decode 1を一時的に保持する係数用レジスタ66と、係数用レジスタ66から出力された復調符号decode 1（図4b）に基づいて、信号用レジスタ60から出力される符号化反射エコー信号を復調して反射エコー信号OUT<sub>1</sub>（図4c）として整相部42に出力する積和演算手段である第1の復調フィルタ62を有している。なお、復調符号decode 1は、変調符号code 2に対応している。また、復調フィルタ62は、FIRフィルタなどから形成されている。

#### 【0029】

符号復調手段44は、図3及び図5に示すように、整相部42から出力された符号化反射エコー信号IN<sub>2</sub>（図5a）を一時的に保持する信号用レジスタ68と、復調符号decode 2を格納している復調符号記憶手段72と、復調符号記憶手段72から出力された復調符号decode 2を一時的に保持する係数用レジスタ74と、係数用レジスタ74から出力された復調符号decode 2（図5b）に基づいて、信号用レジスタ68から出力された符号化反射エコー信号を復調して反射エコー信号OUT<sub>2</sub>（図5c）として信号処理手段46に出力する積和演算手段である復調フィルタ70を有している。なお、

復調符号 `decode2` は、変調符号 `code1` に対応している。また、復調フィルタ 70 は、FIR フィルタなどから形成されている。

### 【0030】

このように構成される超音波診断装置の基本動作について説明する。まず、被検体の体表に接触させた探触子 10 を駆動するための符号化駆動信号が、送信部 12 により生成される。生成された符号化駆動信号が探触子 10 に入力されることにより、探触子 10 から符号化された超音波送波ビームが被検体に対して射出される。被検体によって反射された符号化反射エコー信号は、探触子 10 により受波される。受波された符号化反射エコー信号は、受信部 14 により増幅や符号復調や整相加算などの処理が施された後、反射エコー信号として画像構成部 16 に出力される。そして、画像構成部 16 に入力された反射エコー信号に基づき、超音波像（例えば、B モード像、M モード像）が再構成される。再構成された超音波像は表示部 18 に表示される。

### 【0031】

ここで、本発明の特徴の 1 つである合成変調符号について図 6 を参照して説明する。図 6 は、合成変調符号生成手段 30 により変調符号 `code1`、`code2` が合成される処理の説明図である。図 6 の上段から順番に、変調符号 `code1`、変調符号 `code2`、合成変調符号 `codeX` が時間軸上に表されている。

### 【0032】

図 6 に示すように、変調符号 `code1` は、4 つの符号要素から形成されている。符号要素の数を符号長と称すると、変調符号 `code1` の符号長  $N1$  は「4」である。本実施形態においては、各符号要素は正負の極性を有し、便宜上、正の極性を「+」表記とし、負の極性を「-」表記とする。したがって、変調符号 `code1` の変調符号係数は、(+1、+1、-1、+1) と表される。同様に、変調符号 `code2` は、それぞれ正負の極性を有する 5 つの符号要素から形成されている。変調符号 `code2` の符号長  $N2$  は、「5」である。このような変調符号 `code2` の変調符号係数は、(+1、+1、+1、-1、+1) と表される。なお、変調符号 `code1`、`code2` の各符号要素の極性、及びそれらの組合せは適宜変更してもよい。

### 【0033】

また、各符号要素の時間軸方向の幅を符号間隔と称すると、変調符号 `code1` の符号間隔は、変調符号 `code2` の符号間隔の 4 分の 1 となっている。つまり、変調符号 `code1` の符号間隔を「 $1\lambda$ 」とすると、変調符号 `code2` の符号間隔は「 $4\lambda$ 」となり、変調符号 `code1` の時間軸方向の全体の幅と等価である。ただし、これに限られるものではない。例えば、変調符号 `code2` の符号間隔を「 $5\lambda$ 」にすることもできる。その場合、 $1\lambda$  の間隔を有するブランク（値 0）を符号要素間に挿入して変調符号 `code2` を構成すればよい。

### 【0034】

合成変調符号 `codeX` は、符号合成手段 56 により、変調符号 `code2` の各符号要素を変調符号 `code1` によって変調して形成される。例えば、変調符号 `code2` の 1 番目の符号要素「+1」は、変調符号 `code1` で変調されることにより、「+1、+1、-1、+1」となり合成変調符号 `codeX` の一部を形成する。このように変調符号 `code1` と変調符号 `code2` を合成することから、合成変調符号 `codeX` の変調符号係数は、以下のとおりとなる。なお、合成変調符号 `codeX` の符号長  $N$  ( $=N1 \times N2$ ) は「20」である。

<合成変調符号 `codeX` の変調符号係数>

{ (+1、+1、-1、+1)、  
 (+1、+1、-1、+1)、  
 (+1、+1、-1、+1)、  
 (-1、-1、+1、-1)、  
 (+1、+1、-1、+1) }

このような合成変調符号 `code X` によって駆動信号（基本波）が符号化駆動信号として変調される。変調された符号化駆動信号が探触子 10 に供給されることにより、探触子 10 から符号化超音波ビームが送波される。そして、探触子 10 により受波した符号化反射エコー信号 `IN1` が、符号復調手段 40 により復調符号 `decode 1` によって復調される。復調された符号化反射エコー信号 `OUT1` は、変調符号 `code 1` だけで変調されたものとなり、符号化反射エコー信号 `IN2` として整相部 42 を介して符号復調手段 40 に入力される。そして、符号化反射エコー信号 `IN2` は、符号復調手段 40 により復調符号 `decode 2` によって復調される。

#### 【0035】

本実施形態によれば、変調符号 `code 1` と変調符号 `code 2` を合成した合成変調符号 `code X` を用いることにより、探触子 10 から出力される符号化反射エコー信号を復調するに際して、符号化反射エコー信号 `IN1` を復調符号 `decode 1` による第 1 段階の復調処理と、復調符号 `decode 2` による第 2 段階の復調処理との 2 段階に分割することができる。これにより、各復調フィルタ 62、70 として低次の復調フィルタを用いることができることになる。したがって、タイムサイドロープのリジェクションレベルを所望レベルに維持しつつ、一括的に復調処理を行うときよりも回路規模を小さくできる。

#### 【0036】

例えば、符号要素の数が 64 のグレイ符号を用いる場合、タイムサイドロープを低減するために、符号復調部として 64 次の自己相関フィルタが必要となる。この点、本実施形態のように合成変調符号 `code X` を用いると、合成符号復調部 38 を符号復調手段 40 と符号復調手段 44 の 2 段に分割することができる。これにより、各符号復調手段 40、44 においては、反射エコー信号に対し複数回復調処理を行うから、1 回の復調処理と同等の特性を得るのに、各復調フィルタに比較的 low 次（低次）のフィルタを用いることができる。例えば、復調フィルタ 62、70 として 8 次の自己相関フィルタを用いることができるので、合成符号復調部 38 の回路規模を 1/4 に低減できる。

#### 【0037】

また、本実施形態では、まず、整相部 42 の前段で、符号間隔が大きい変調符号 `code 2` に対応した復調符号 `decode 1` により符号化反射エコー信号の第 1 段階の復調処理が行われる。これにより、整相部 42 に入力される符号化反射エコー信号は、時間軸上の幅が小さいものに変換される。そして、整相部 42 の後段で、符号間隔が小さい変調符号 `code 1` に対応した復調符号 `decode 2` により符号化反射エコー信号の第 2 段階の復調処理が行われる。このようにすれば、整相部 42 で例えばフォーカス段の切り替えなどの断続的な処理が発生するときでも、符号化反射エコー信号を復調する際に生じるタイムサイドロープを低減できる。

#### 【0038】

以上、第 1 の実施形態に基づいて本発明を説明したが、これに限られるものではない。例えば、2 種類の変調符号を合成する例を説明したが、合成する変調符号の数については適宜増やすことができる。その場合、複数の変調符号のうち第 1 の変調符号により第 2 の変調符号の符号要素を変調して合成変調符号を形成し、さらに、制御部からの指令に応じて、形成した合成変調符号の符号要素を別の変調符号により変調すればよい。要するに、撮像部位の特性や診断内容に応じて、複数の変調符号により基本波を多重変調することにより、合成変調符号を生成してもよい。

#### 【0039】

また、複数種類の変調符号から形成される合成変調符号を用いる場合、撮像部位の特性や診断内容に応じて、複数段に分割した合成符号復調部を適宜配設するのが望ましい。例えば、変調符号の種類として、Golay 符号などの相補的符号や、Chirp 符号などの周波数または位相を変復調する符号や、二値的または極性を反転させた符号などを適用することができる。ここで、相補的符号は、送受信を 2 回以上繰り返す必要があるが、演算規模が比較的小さくなることから、整相部 42 の前段で符号化反射エコー信号を復調するのがよい。一方、Barker 符号や Chirp 符号は、1 回の送受信により血流や造

影剤など動きを伴う検査部位から情報を抽出することができるが、演算規模が比較的大きくなることから、整相部 42 の前段と後段で分割して符号化反射エコー信号を段階的に復調するのがよい。このように種類が異なる複数の符号を組み合わせることにより、撮像部位の特性に応じて、各変調符号の長所を必要に応じて使い分けることができるとともに、回路規模を小さくしつつタイムサイドローブを低減できる。

#### 【0040】

また、整相部 42 の出力チャネルを数チャネルごとにサブアパーチャ（副口径）として束ね、各サブアパーチャの後段に符号復調手段を整相部 42 に設けることもできる（例えば、特開平 2003-225237）。このような技術を適用することにより、合成符号復調部 38 を構成する 2 つの符号復調手段 40、44 のうち、例えば符号復調手段 40 を整相部 42 に設けることができる。これにより、符号復調手段 40 を整相部 42 の前段に配設するときよりも、符号復調手段 40 の回路規模を低減しつつ、タイムサイドローブを所定レベルに低減させることができる。

#### 【0041】

また、合成符号復調部 38 に複数の復調手段を備え、送受信シーケンスを制御する制御部 20 の指令に応じ、合成符号復調部 38 の各復調手段を切り替えて符号化反射エコー信号を復調することにより、合成符号復調部 38 を 1 段構成とすることもできる。

#### 【0042】

（比較例 1） 図 7 は、本発明の効果を説明するための比較図であり、タイムサイドローブの信号レベルと符号復調手段を構成する FIR フィルタのタップ数との関係を示している。なお、図 7（a）、（b）、（c）の横軸は時間、縦軸は信号レベルである。

図 7（a）の場合：探触子 10 から出力される符号化反射エコー信号  $IN_1$  を一括的に復調処理する 1 段構成の復調部が設けられている。復調部の FIR フィルタとしては、タップ数（タップ長）が「63」の自己相関フィルタが用いられている。図 7（a）に示すように、タイムサイドローブの信号レベルは、例えば 0.5 dB となっている。本比較例によれば、タイムサイドローブの信号レベルが比較的大きいことがわかる。

図 7（b）の場合：図 7（a）の FIR フィルタに代えて、タップ数が「131」の高次の自己相関フィルタが用いられている。図 7（b）に示すように、タイムサイドローブの信号レベルは、例えば 0.02 dB となっている。本比較例によれば、FIR フィルタのタップ数を増やすようにすると、タイムサイドローブの信号レベルを抑えることができるが、回路規模が増大することがわかる。

図 7（c）の場合：本発明の第 1 の実施形態により得られた反射エコー信号の信号レベルを示している。図 7（c）に示すように、タイムサイドローブの信号レベルは、例えば 0.03 dB となっている。また、各符号復調手段 40、44 の FIR フィルタ 62、70 としては、タップ数が「31」の自己相関フィルタが用いられている。図 7（c）からわかるように、図 7（a）の FIR フィルタのタップ数（演算要素）を半分以下にした場合でも、図 7（b）と同等以上のタイムサイドローブの低減効果（リジェクション効果）があることがわかる。

#### 【0043】

（比較例 2） 図 8 は、本発明の効果を説明するための比較図であり、タイムサイドローブの発生に起因する整相部 42 でフォーカス段の切り替え処理を説明する図である。図 8 a は、本比較例の構成図、図 8 b の上段は、誤差が発生する概念を説明するためのタイムチャート、図 8 b の下段は、不連続処理が生じる概念を説明するためのタイムチャートを示している。また、図 9 a は、本比較例により得られた反射エコー信号の波形、図 9 b は、本発明の第 1 の実施形態により得られた反射エコー信号の波形を示している。

#### 【0044】

図 8 a に示すように、ADC 36 の後段に整相部 42 と、整相部 42 の後段に合成符号復調部 78 が設けられている。なお、ADC 36 は、複数  $m$  の ADC 回路 36 a ~ 36 m を有している。また、合成符号復調部 78 は、第 1 の符号復調手段 80 と、第 2 の符号復調手段 81 を有している。 $m$  は、探触子 10 の口径を形成する振動子の数である。

## 【0045】

一般に、超音波診断装置では、画像分解能を向上させるため、超音波受信ビームを形成する技術としてダイナミックフォーカス技術が整相部42に実装される。ダイナミックフォーカス技術では、被検体の深度方向に設定した複数のサンプリング点（反射源）が複数のフォーカス段にグループ化される。グループ化されたフォーカス段ごとにフォーカスデータが共通に設定される。共通に設定されたフォーカスデータは、フォーカス段が変わるごとに切替えられる。このようなフォーカスデータを用いて、探触子10の各振動子により受波した各反射エコー信号を整相することにより、浅い部位から深い部位まで深度方向に比較的広い範囲で超音波ビームが集束される。

## 【0046】

例えば、図8bの下段に示すように、フォーカス段 $F_n$ では、フォーカスデータAを用いて、反射エコー信号が整相部42により整相される。そして、フォーカス段 $F_n$ は、設定時間T（例えば、図8bに示す不連続点）にフォーカス段 $F_{n+1}$ に切替えられる。フォーカス段が切替えられるのと同時に、フォーカスデータAがフォーカスデータBに切替えられる。切替えられたフォーカスデータBを用いて、反射エコー信号が整相部42により整相される。このように断続的にフォーカス段が切替えられることにより、不連続な処理が発生する。

## 【0047】

このようなダイナミックフォーカス処理を実装する超音波診断装置に符号化送受信技術を採用すると、符号化反射エコー信号の復調処理が、不連続点をまたいで行われることがある。例えば、図6に示した合成変調符号codeXにより送信波形を変調した場合を考える。この場合、図8bの上段に示すような符号化反射エコー信号が得られる。得られた符号化反射エコー信号は、5つの符号要素 $D-2$ 、 $\dots$ 、 $D$ 、 $\dots$ 、 $D+2$ により形成されている。各符号要素は、さらに4つの要素に細分化されている。

## 【0048】

このような符号化反射エコー信号の復調処理が不連続点をまたいで行われると、図8bの上段に示すように、D番目の符号要素のうち、1番目と2番目の符号要素がフォーカス段 $F_n$ の処理時間に属するが、3番目と4番目の符号要素がフォーカス段 $F_{n+1}$ の処理時間に属する場合がある。その場合、符号化反射エコー信号の復調処理にエラーが発生し、発生したエラーに起因して反射エコー信号にタイムサイドローブが生じることになる（図9a）。

## 【0049】

特に、不連続点をまたぐ符号化反射エコー信号の時間軸上の幅が長くなると、その符号化反射エコー信号を復調する際に生じるタイムサイドローブの発生量が増大する。なお、タイムサイドローブの発生量を抑えるために、1パケットの変調符号の時間軸上の幅を小さくすると、符号化送受信により得られる効果が小さくなる。

## 【0050】

この点、本発明の第1の実施形態によれば、図1に示すように、ADC36から出力された符号化反射エコー信号は、整相部42に入力される前に、第1段階復調処理として符号復調手段40により変調符号code2に対応した復調符号decodet1に基づいて復調される。これにより、符号化反射エコー信号の符号間隔は細分化されたものに変換される。変換された符号化反射エコー信号は、不連続点をまたがらないように十分に小さい時間軸上の幅になる。したがって、復調処理の際に生じるエラーを抑えることができ、タイムサイドローブの発生が低減される（図9b）。

## 【0051】

また、本実施形態では、第1段階の復調処理により、符号化反射エコー信号の時間軸上の幅が小さくされることから、符号化反射エコー信号が不連続点をまたいだとしても、またがる時間軸上の幅が小さくなり、タイムサイドローブの発生量が低減される。

## 【0052】

なお、本比較例では、フォーカス段の切替えに伴う処理を不連続処理、つまり非線形処

理の一例として説明したが、これに限らず、可変口径の処理やTGC (Time Gain Compensation) の処理など非線形処理が生じるときに本発明を適用することにより同様の効果を得ることができる。

#### 【0053】

(比較例3) 図10は、本発明の効果を説明するための比較例の構成図を示している。図10に示すように、ADC36と整相部42の間に、第1の符号復調手段84と第2の符号復調手段86が反射エコー信号の流れに対し順に設けられている。なお、符号復調手段84は、複数の符号復調手段84a～84mを有している。符号復調手段86も同様である。mは、探触子10の口径を形成する振動子の数に対応している。

#### 【0054】

比較例2で説明したように、整相部42の後段で符号化反射エコー信号を復調させると、符号化反射エコー信号が整相部42の不連続点をまたぐためにタイムサイドロープが発生することがある。したがって、図10に示すように、不連続処理が発生する整相部42の前段において、符号化反射エコー信号の復調処理を全て行うことが考えられる。しかし、その場合、符号復調手段84に複数の復調手段84a～84mが必要になるとともに、符号復調手段86に複数の復調手段86a～86mが必要になる。したがって、符号復調手段84、86の回路規模が増大することになる。

#### 【0055】

この点、本発明の第1の実施形態によれば、図1に示すように、合成符号復調部38が第1の符号復調手段40と第2の符号復調手段44に分割され、分割された符号復調手段40は、整相部42の前段に設けられると共に、符号復調手段44は、整相部42の後段に設けられる。したがって、符号復調手段44に復調手段を複数ではなく1つだけ設ければよいことになるから、本比較例よりも回路規模を低減することができる。しかも、第1の実施形態によれば、比較例1で説明したように、各復調手段を形成する演算要素の数(例えば、タップ数)も減らすことができる。

#### 【0056】

(第2の実施形態) 本発明を適用した超音波診断装置の第2の実施形態について図11を参照して説明する。図11は、本実施形態の合成変調符号生成手段30の構成図を示している。本実施形態が第1の実施形態と異なる点は、2種類の変調符号を合成した合成変調符号を予めメモリに記憶させ、記憶した合成変調符号を制御信号に応じて読み出すことにある。したがって、第1の実施形態と同一部分については同一符号を付し、相違点を中心に説明する。

#### 【0057】

図11に示すように、合成変調符号生成手段30の構成が図2と異なっている。合成変調符号生成手段30は、合成変調符号発生手段88と、メモリとして合成変調符号記憶手段90などから構成されている。合成変調符号発生手段88は、図2の変調符号発生手段90などから構成されている。また、合成変調符号記憶手段90は、予め制御部20により求められた合成変調符号codeXを格納している。第1の実施形態と同様に、タイミング発生手段22から出力されたタイミング信号t0が合成変調符号発生手段88に入力される。入力されたタイミング信号t0に基づいて、合成変調符号発生手段88からアドレス信号Aが出力される。出力されたアドレス信号Aに基づいて合成復調符号記憶手段90から合成変調符号codeXが読み出される。読み出された合成変調符号codeXは、符号変調手段32に入力される。

#### 【0058】

本実施形態によれば、第1の実施形態の場合よりも、合成変調符号生成手段30の構成が簡素になるため、回路規模を小さくすることができる。また、合成復調符号記憶手段90に複数種類の合成変調符号を格納するようにすれば、撮像部位の特性に応じた合成変調符号を選択することが容易になるため、装置の使い勝手を向上させることができる。なお、本実施形態は、第1の実施形態の変形例と適宜組み合わせることができる。

#### 【0059】

(第3の実施形態) 本発明を適用した超音波診断装置の第3の実施形態について図12ないし図14を参照して説明する。図12は、本実施形態の合成変調符号の説明図である。図13は、本実施形態の第1の復調処理手段の動作を示す図である。図14は、本実施形態の第2の復調処理手段の動作を示す図である。本実施形態は、第1の実施形態により生成された合成変調符号を位相変調することにより、所望の高調波成分を強調する一例である。第1の実施形態と同一部分については同一符号を付し、相違点を中心に説明する。

#### 【0060】

一般に、生体組織や血流像の超音波像の画像分解能を向上させるために、造影エコー法(コントラストエコー法)やティッシュハーモニックイメージング法などが行われることがある。造影エコー法は、被検体に超音波造影剤を投与し、投与した超音波造影剤のマイクロバブルにより反射した超音波の高調波成分(例えば、2次高調波、3次高調波)に基づいて超音波像を再構成する技術である。ティッシュハーモニックイメージング法は、超音波が生体内を粗密波伝播する際に音圧差による音圧変化によって超音波に波形歪みが生じることに着目し、生じた波形歪みに起因する高調波成分に基づいて超音波像を再構成する技術である。

#### 【0061】

このような造影エコー法やティッシュハーモニックイメージング法においては、高調波成分を強調する技術が提案されているが、第1の実施形態で説明した合成変調符号を用いることにより、超音波の高調波成分を一層強調することができる。以下に、反射エコー信号の2次高調波を強調する例を説明する。

#### 【0062】

本実施形態の超音波診断装置は、図1乃至図3に示す超音波診断装置と基本的に同様の構成であるが、符号合成手段56は、変調符号code1と変調符号code2から合成変調符号を生成する変調符号合成機能に加えて、生成した合成変調符号の各符号要素の位相を所定量だけシフトさせる位相変調機能を有する。また、信号処理手段46に、強調したい所望の高調波を通過させて基本波を減衰させる帯域制御フィルタが備えられている。なお、本実施形態の帯域制御フィルタは、基本波の周波数に対し2倍の周波数を中心とする信号を通過させるものを用いるが、これに限られない。

#### 【0063】

図12Aに示すように、符号合成手段Aにより生成される合成変調符号codeYの変調符号係数は、以下のとおりとなる。

＜合成変調符号codeYの変調符号係数＞

合成変調符号codeYの変調符号係数

= (変調符号code1の変調符号係数) × (変調符号code2の変調符号係数)

= { +1 × (+1, +1, -1, +1),  
+1 × (+1, +1, -1, +1),  
+1 × (+1, +1, -1, +1),  
-1 × (+1, +1, -1, +1),  
+1 × (+1, +1, -1, +1) }

= { +1, +1, -1, +1,  
+1, +1, -1, +1,  
+1, +1, -1, +1,  
-1, -1, (-1)<sup>2</sup>, -1,  
+1, +1, -1, +1 }

次に、合成変調符号codeYは、符号合成手段Aにより位相変調される。例えば、変調符号code1と変調符号code2を合成する際、合成変調符号codeYの各符号要素の「負の極性(-1)」が乗算された次数をカウントする。図12Aの最下段に示すように、合成変調符号codeYの1番目、2番目の符号要素の次数は「0」である。3

番目の符号要素の次数は「1」である。4番目の符号要素の次数は「0」である。他の符号要素も同様に「負の極性（-1）」が乗算された次数をカウントする。ここで、15番目の符号要素の次数については、「負の極性（-1）」が2回乗算されているため、「2」となる。

#### 【0064】

そして、カウントされた次数に応じて、合成変調符号 `c o d e Y` の各符号要素の位相が、基本波に対し位相が  $90^\circ$  だけシフトされる。例えば、図 12C に示すように、合成変調符号 `c o d e Y` の 1 番目、2 番目の符号要素は、次数が「0」であるから、基本波に対して位相のズレが  $0^\circ$  である。3 番目の符号要素は、次数が「1」であるから、基本波に対して位相のズレが  $90^\circ$  である。4 番目の符号要素は、次数が「0」であるから、基本波に対して位相のズレが  $0^\circ$  である。他の符号要素も同様に「負の極性（-1）」が乗算された次数に応じて基本波に対して位相がシフトされる。ここで、15番目の符号要素については、次数が「2」であるため、基本波に対して位相のズレが  $180^\circ$  となる。なお、基本波の位相を基準として  $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$  だけ位相シフトした波形を図 12B に示す。このように位相変調された合成変調符号 `c o d e Y` の各符号要素の位相は、以下のとおりとなる。

<合成変調符号 `c o d e Y` の各符号要素の位相>

{  $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $90^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $90^\circ$ 、  
 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $0^\circ$  }

このような合成変調符号 `c o d e Y` を用いた符号化送受信の動作について、超音波造影剤を投与する場合を一例として説明する。まず、超音波造影剤が被検体に投与される。そして、送信部 12 から探触子 10 に合成変調符号 `c o d e Y` が供給される。これによって、探触子 10 から符号化超音波ビームが送波される。超音波造影剤のマイクロバブルにより反射した符号化反射エコー信号が探触子 10 により受波される。探触子 10 から出力される符号化反射エコー信号は、第 1 の実施形態と同様に、増幅部 34、アナログディジタル変換部 36 を介して、符号化反射エコー信号  $IN_1$  (図 13A) として第 1 の符号復調手段 40 に入力される。符号化反射エコー信号  $IN_1$  は、復調符号 `d e c o d e 1` により第 1 段階の復調処理が施された後、符号化反射エコー信号  $OUT_1$  として整相部 42 に出力量される。なお、図 13A、C に示すように、符号化反射エコー信号  $IN_1$  および符号化反射エコー信号  $OUT_1$  は、高調波成分を含んでいる。

#### 【0065】

符号復調手段 40 から出力された符号化反射エコー信号  $OUT_1$  は、整相部 42 を介して、符号化反射エコー信号  $IN_2$  (図 14A) として、第 2 の符号復調手段 44 に入力量される。符号化反射エコー信号  $IN_2$  は、復調符号 `d e c o d e 2` により第 2 段階の復調処理が施された後、反射エコー信号  $OUT_2$  として信号処理手段 46 に出力量される。なお、図 14A、C に示すように、符号化反射エコー信号  $IN_2$  および反射エコー信号  $OUT_2$  は、高調波成分を含んでいる。信号処理手段 46 に入力量された反射エコー信号は、帯域制御フィルタにより基本波成分が減衰されると共に 2 次高調波成分が強調される。強調された 2 次高調波成分に基づき超音波像が構成される。

#### 【0066】

本実施形態によれば、合成変調符号 `c o d e Y` の各符号要素が、「負の極性（-1）」の次数に応じて、基本波に対して  $90^\circ$  単位で位相がシフトされているため、符号復調後の反射エコー信号は、2 次高調波が強調された信号になる。これにより、反射エコー信号の 2 次高調波のノイズ比が大きくなることから、2 次高調波を帯域制御フィルタにより基本波から分離することが容易になるので、超音波像の画像分解能を向上させることができ

る。

#### 【0067】

本実施形態では、2次高調波を強調させる一例として、合成変調符号  $c o d e Y$  の各符号要素を、「負の極性（-1）」の次数に応じて基本波に対して  $90^\circ$  単位で位相をシフトさせる例を示したが、これに限られない。例えば、3次高調波を強調させるときは、次数に応じて  $60^\circ$  単位でシフトさせればよいし、4次高調波を強調させるときは、次数に応じて  $45^\circ$  単位でシフトさせればよい。要するに、反射エコー信号の  $M$  次高調波成分（ $M: 2$  以上の整数）を強調するときは、合成変調符号の各符号要素の「負の極性（-1）」の次数を  $N$ （ $N: 整数$ ）とすると、各符号要素を基本波に対して  $(180^\circ / M) \times N$  だけ位相シフトすればよい。

#### 【0068】

また、反射エコー信号の  $M$  次高調波成分（ $M: 2$  以上の整数）を強調するときは、信号処理手段 46 の帯域制御フィルタとして、基本波の周波数に対し  $M$  倍の周波数を中心とする信号を通過させるものを用いればよい。なお、合成変調符号として  $c o d e Y$  を一例として説明したが、第 1 の実施形態により生成される様々な合成変調符号に適用すればよいし、第 1 乃至第 2 の実施形態やその変形例を適宜組み合わせてもよい。

#### 【0069】

（第 4 の実施形態） 本発明を適用した超音波診断装置の第 4 の実施形態について図 15 ないし図 17 を参照して説明する。図 15 は、本実施形態の合成変調符号の説明図である。図 16 は、本実施形態の超音波診断装置の動作を説明するための反射エコー信号の波形を示している。図 17 は、本実施形態の信号処理部の構成および動作を示す図である。本実施形態は、第 3 の実施形態により生成された合成変調符号による 1 回目の符号化送受信と、その合成変調符号の各符号要素の位相を所定量だけシフトした合成変調符号による 2 回目の符号化送受信とを行うことにより、基本波成分を相殺しつつ高調波成分を強調する一例である。第 1 及び 2 の実施形態と同一部分については同一符号を付し、相違点を中心に説明する。

#### 【0070】

本実施形態の超音波診断装置は、図 1 乃至図 3 に示す超音波診断装置と基本的に同様の構成であるが、符号合成手段 56 は、第 3 の実施形態で説明したように合成変調符号  $c o d e Y$ （第 1 の合成変調符号）を生成する機能に加えて、第 1 の合成変調符号  $c o d e Y$  の各符号要素の位相を所定量だけシフトさせて第 2 の合成変調符号  $c o d e Z$  を生成する機能を有する。また、図 17 に示すように、信号処理手段 46 は、帯域制御フィルタ 90 と、帯域制御フィルタ 90 から出力された反射エコー信号を格納するラインメモリ 92 と、帯域制御フィルタ 90 から出力される反射エコー信号とラインメモリ 92 から出力される従前の反射エコー信号を合成する合成手段 94 を有する。

#### 【0071】

まず、符号合成手段 56 により、第 3 の実施形態で説明した合成変調符号  $c o d e Y$  が第 1 の合成変調符号として生成される。次いで、第 1 の合成変調符号  $c o d e Y$  の各符号要素の位相を  $180^\circ$  だけシフトさせた第 2 の合成変調符号  $c o d e Z$  が生成される。例えば、図 15 B に示すように、第 1 の合成変調符号  $c o d e Y$  の各符号要素の位相と、第 2 の合成変調符号  $c o d e Z$  の各符号要素の位相は、次のとおりとなる。

<第 1 の合成変調符号  $c o d e Y$  の各符号要素の位相>

{  $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$ 、  
 $90^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $90^\circ$ 、  
 $0^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $0^\circ$  }

<第 2 の合成変調符号  $c o d e Z$  の各符号要素の位相>

{  $180^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $180^\circ$ 、  
 $180^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $180^\circ$ 、

$180^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $180^\circ$ 、  
 $270^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $0^\circ$ 、 $270^\circ$ 、  
 $180^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $270^\circ$ 、 $180^\circ$  }

このような第1の合成変調符号  $c o d e Y$  と第2の合成変調符号  $c o d e Z$  を用いた符号化送受信の動作について説明する。まず、第1の合成変調符号  $c o d e Y$  は、送信部12から探触子10に供給される。これによって、探触子10から符号化超音波ビームが送波される。超音波造影剤のマイクロバブルにより反射した符号化反射エコー信号が探触子10により受波される。探触子10から出力される符号化反射エコー信号は、第3の実施形態と同様に、符号化反射エコー信号  $I N_1$  (図16Aの上段) として第1の符号復調手段40に入力される。符号化反射エコー信号  $I N_1$  は、復調符号  $d e c o d e 1$  により第1段階の復調処理が施された後、符号化反射エコー信号  $O U T_1$  (図16Bの上段) として整相部42に入力される。整相部42から出力された符号化反射エコー信号  $O U T_1$  は、符号化反射エコー信号  $I N_2$  として第2の符号復調手段44に入力される。入力された符号化反射エコー信号  $I N_2$  は、符号復調手段44により第2段階の復調処理が施された後、信号処理手段46に第1の反射エコー信号として出力される。第1の反射エコー信号は、帯域制御フィルタ90を通過した後、ラインメモリ92に一時的に保持される。

#### 【0072】

次に、第2の合成変調符号  $c o d e Z$  が送信部12から探触子10に供給されることにより、探触子10から符号化超音波ビームが送波される。符号化超音波ビームの走査ラインは、第1の合成変調符号  $c o d e Y$  による符号化送受信の走査ラインと同一になるように制御される。そして、探触子10から出力される符号化反射エコー信号は、第1の合成変調符号  $c o d e Y$  の場合と同様に処理された後、信号処理手段46に出力される。なお、図16Aの下段は、第2の合成変調符号  $c o d e Z$  を用いたときの第1の符号復調手段40に入力する符号化反射エコー信号  $I N_1$  の波形である。図16Bの下段は、符号復調手段40から出力される符号化反射エコー信号  $O U T_1$  の波形である。図16Cの下段は、符号復調手段44から出力される反射エコー信号  $O U T_2$  の波形である。

#### 【0073】

そして、図16及び図17に示すように、信号処理手段46により、帯域制御フィルタ90から出力される反射エコー信号(図17A)と、ラインメモリ92から出力される反射エコー信号(図17B)とが合成される。つまり、合成変調符号  $c o d e Y$  による反射エコー信号と合成変調符号  $c o d e Z$  による反射エコー信号が合成される。合成された反射エコー信号(図16D、図17C)に基づいて超音波像が再構成される。

#### 【0074】

図16及び図17から分かるように、信号処理手段46に入力される反射エコー信号は基本波成分と高調波成分を含んでいるが、合成変調符号  $c o d e Y$  による反射エコー信号と合成変調符号  $c o d e Z$  による反射エコー信号とを合成することにより、基本波成分を相殺して抑制しつつ高調波成分を強調することができる。

#### 【0075】

本実施形態によれば、合成変調符号  $c o d e Z$  の各符号要素は、合成変調符号  $c o d e Y$  の各符号要素に対して  $180^\circ$  だけ位相がシフトされているので、合成変調符号  $c o d e Y$  に対応した反射エコー信号と、合成変調符号  $c o d e Z$  に体した反射エコー信号を合成することにより、合成信号は、基本波成分を抑制しつつ2次高調波成分が強調されたものになる。したがって、2次高調波成分のノイズ比が大きくなることから、超音波像の画像分解能を向上させることができる。

#### 【0076】

本実施形態では、同一走査ラインに対し2回の符号化送受信を行う例を説明したが、これに限られるものではない。例えば、第1の合成変調符号と、第1の合成変調符号に対し各符号要素の位相が  $120^\circ$  だけシフトした第2の合成変調符号と、第1の合成変調符号に対し各符号要素の位相が  $240^\circ$  だけシフトした第3の合成変調符号を生成する。その

第1乃至第3の合成変調符号によって同一走査ラインに対し3回の符号化送受信を行うことにより、各合成変調符号に対応する反射エコー信号を合成すると、基本波成分を相殺しつつ3次高調波成分を強調することができる。

#### 【0077】

要するに、同一走査線に対し複数回の符号化送受信を行うとき、各合成変調符号の位相関係は、積和すると基本波が相殺したり減少したりすると共に、高調波が増大する関係になるように、合成変調符号の位相を互いにシフトさせればよい。例えば、同一走査線に対し複数回A（A：自然数）の符号化送受信を行うとき、B回目（B：A以下の自然数）の符号化送受信で使用される合成変調符号は、（B-1）回目の符号化送受信で使用された合成変調符号に対し、位相が $360^\circ / A$ だけシフトされたものにすればよい。また、符号化送受信回数と各合成変調符号の位相の組合せにより、複数の高調波や中間周波数を強調することができる。なお、第1乃至第3の実施形態やその変形例を適宜組み合わせてもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0078】

【図1】 本発明の第1の実施形態の超音波診断装置のブロック図である。

【図2】 図1の合成符号変調部の構成図である。

【図3】 図1の合成符号復調部の構成図である。

【図4】 図3の第1の符号復調手段の動作を説明する図である。

【図5】 図3の第2の符号復調手段の動作を説明する図である。

【図6】 本発明の第1の実施形態の2種類の符号を合成する概念図である。

【図7】 本発明の第1の実施形態の効果を説明する図である。

【図8】 本発明の第1の実施形態の効果を説明する他の図である。

【図9】 本発明の第1の実施形態により得られる反射エコー信号と図8の場合の反射エコー信号を比較する図である。

【図10】 本発明の第1の実施形態の効果を説明する他の図である。

【図11】 本発明の第2の実施形態の合成符号変調部の構成図である。

【図12】 本発明の第3の実施形態の合成変調符号の説明図である。

【図13】 本発明の第3の実施形態の第1の復調処理部の動作を示す図である。

【図14】 本発明の第3の実施形態の第2の復調処理部の動作を示す図である。

【図15】 本発明の第4の実施形態の合成変調符号の説明図である。

【図16】 本発明の第4の実施形態の超音波診断装置の動作を説明するための反射エコー信号の波形である。

【図17】 本発明の第4の実施形態の信号処理部の構成および動作を示す図である。

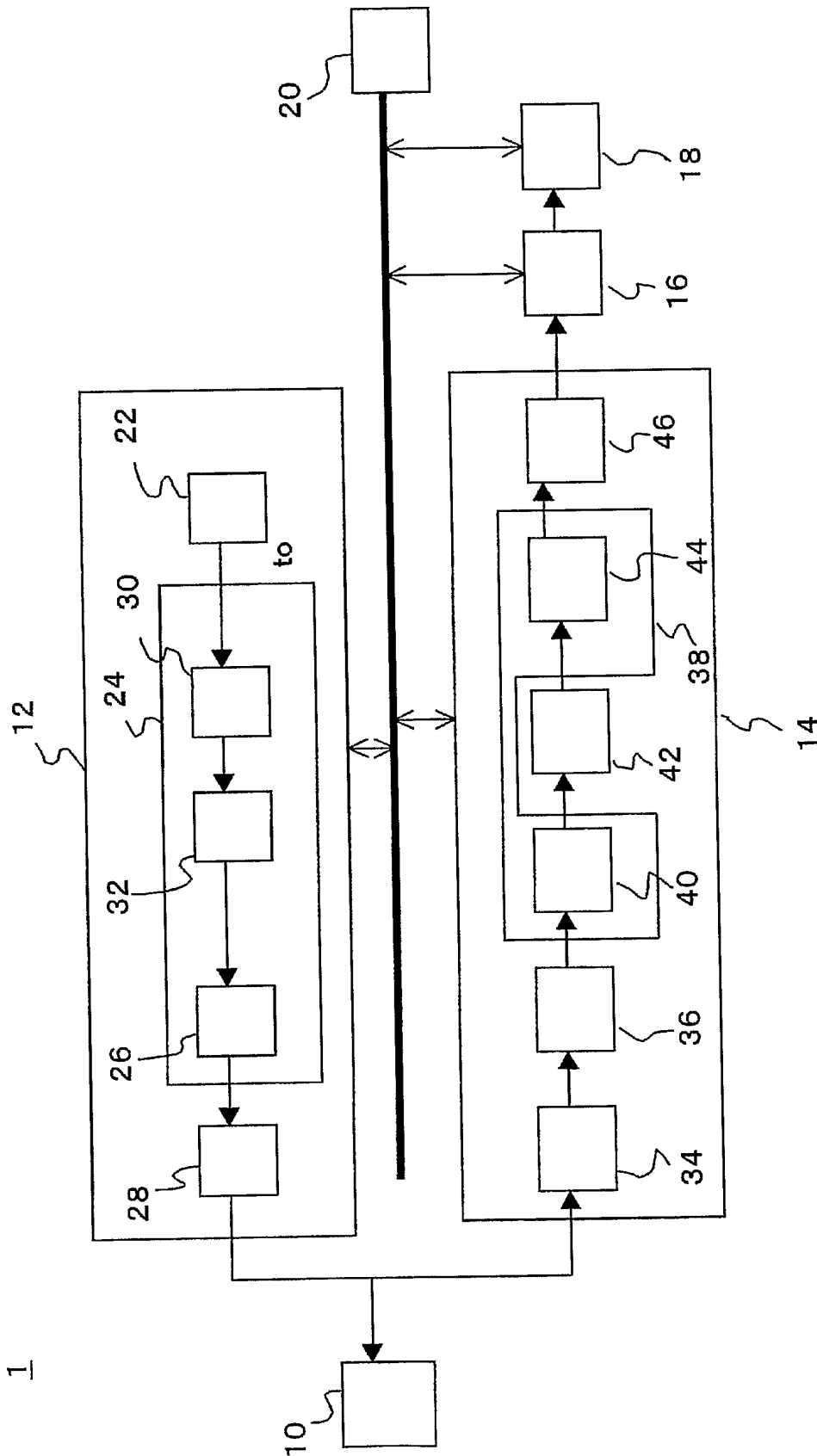
#### 【符号の説明】

#### 【0079】

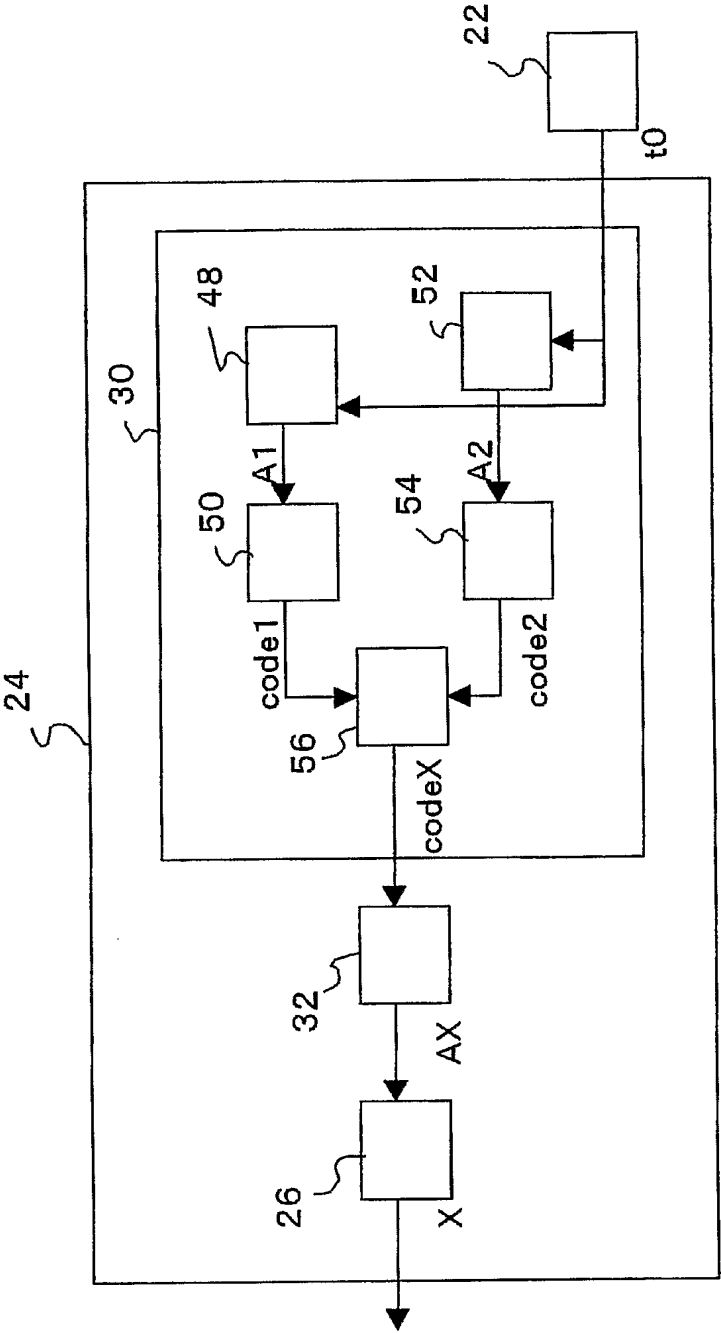
- 1 超音波診断装置
- 10 探触子
- 12 送信部
- 14 受信部
- 16 画像構成部
- 18 表示部
- 20 制御部
- 24 変調部
- 30 合成変調符号生成手段
- 32 符号変調手段
- 36 ADC
- 38 合成符号復調部
- 40 第1の符号復調手段
- 42 整相部

4 4 第 2 の符号復調手段

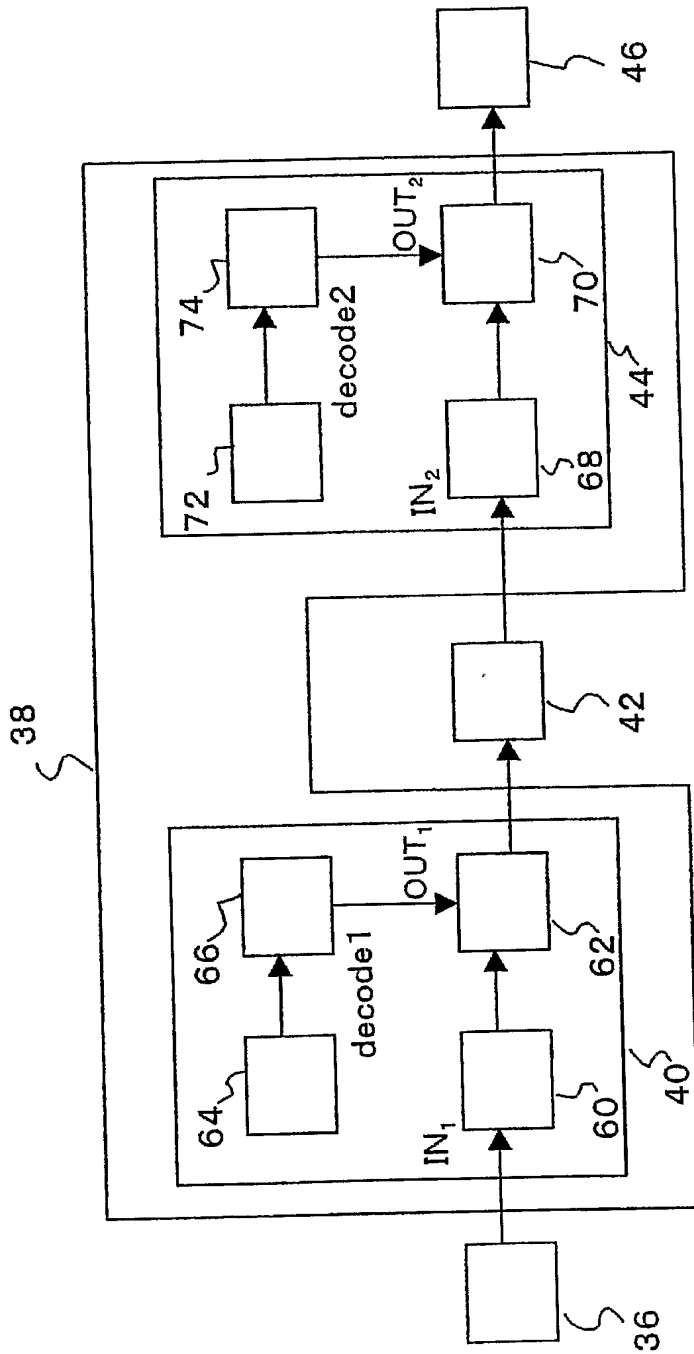
【書類名】 図面  
【図 1】



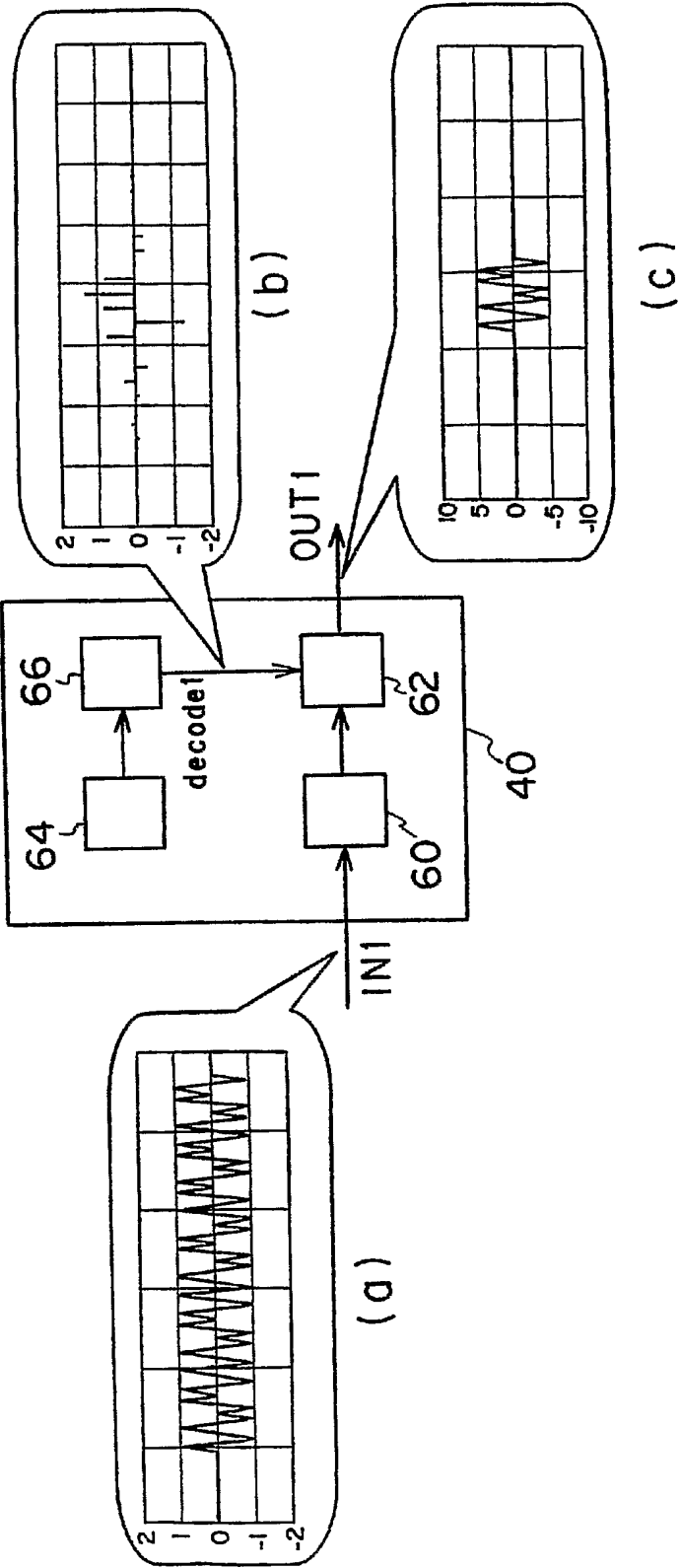
【図 2】



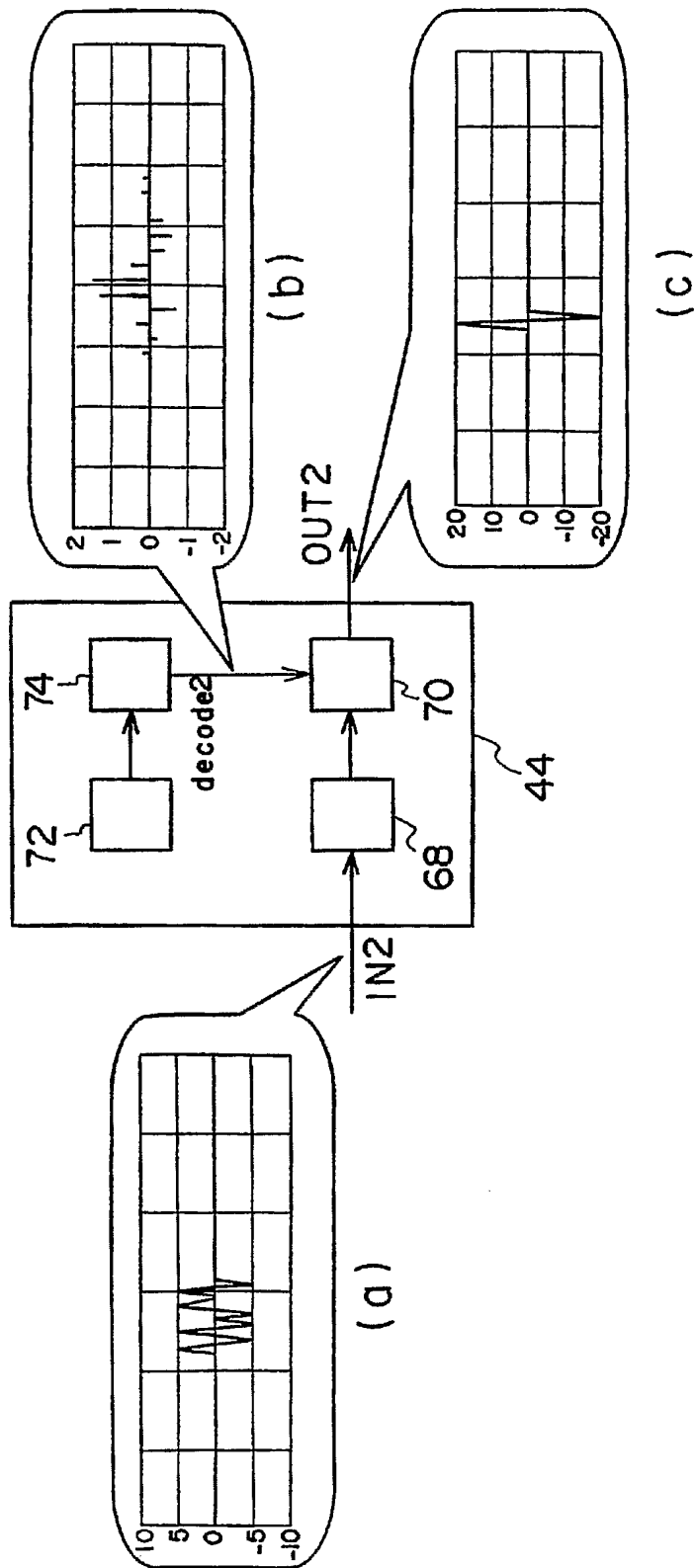
【図 3】



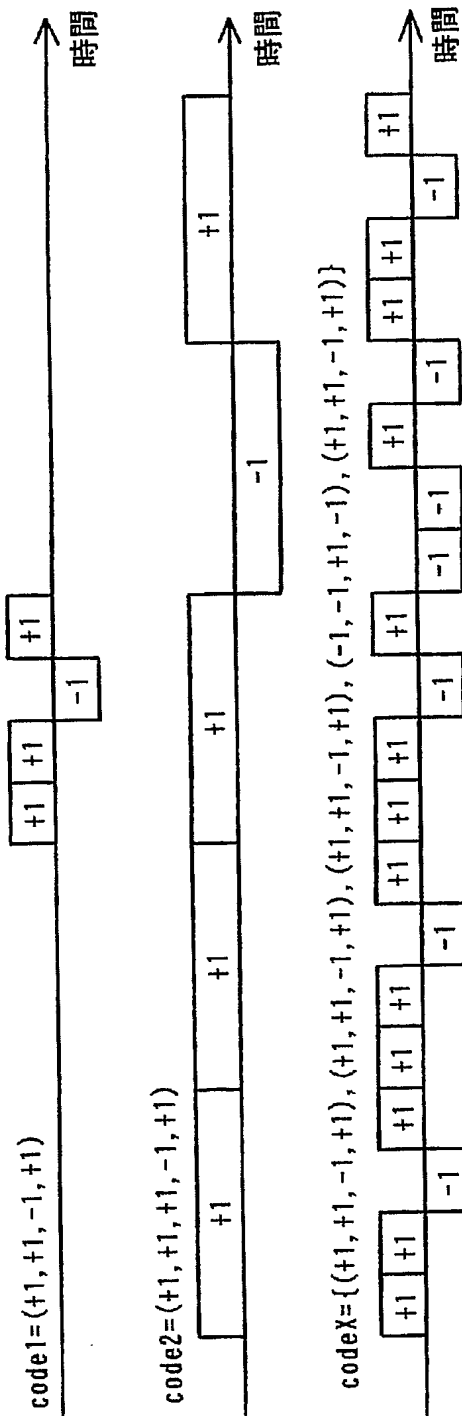
【図 4】



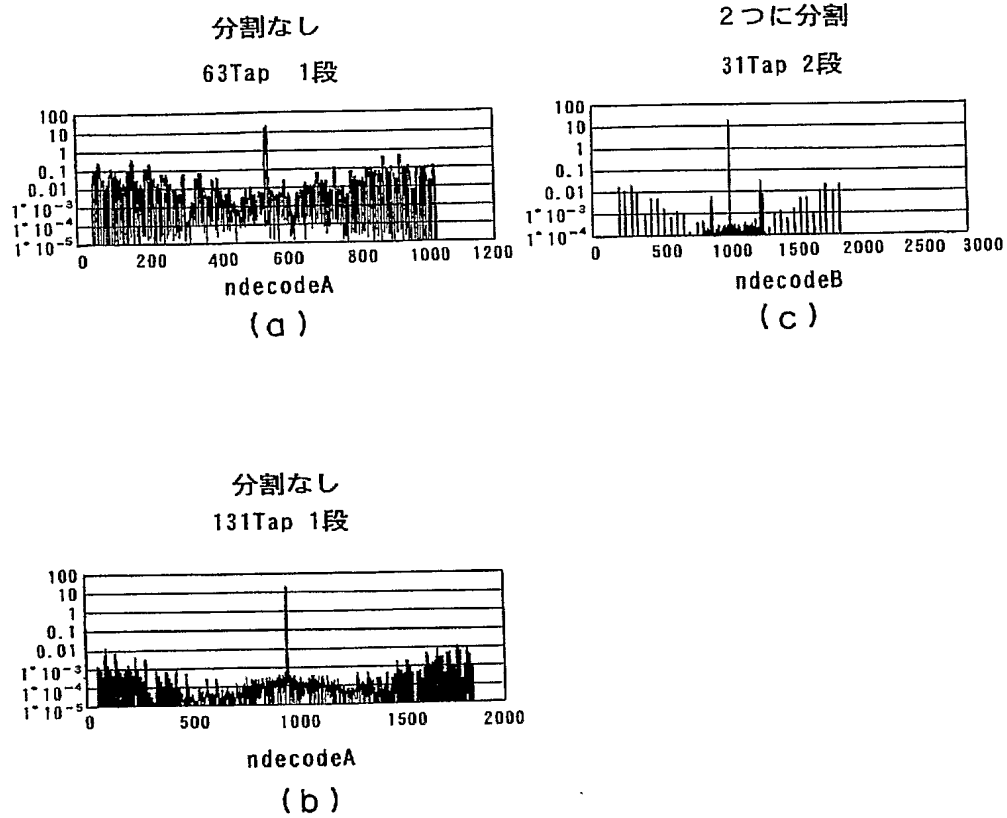
【図 5】



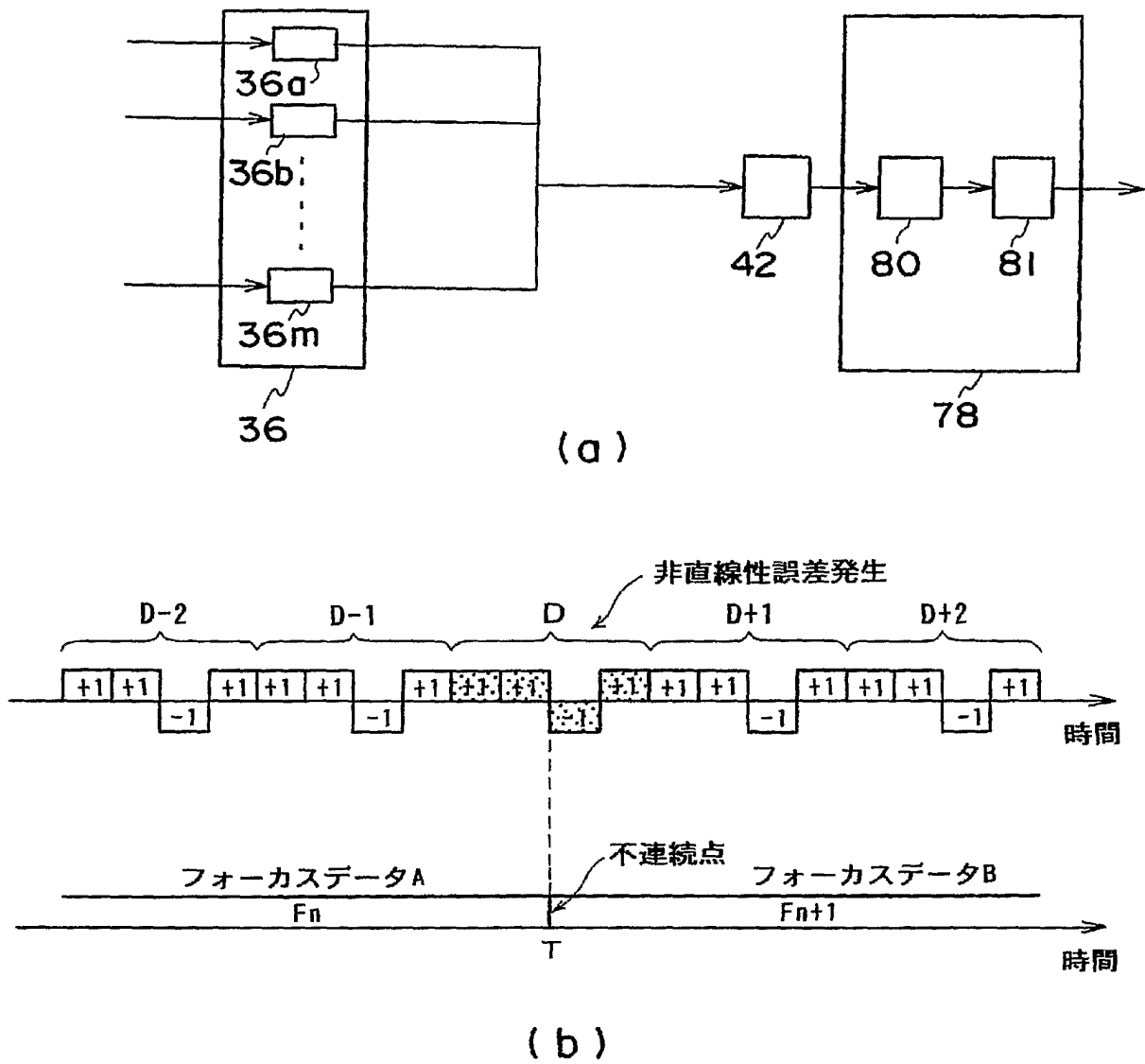
【図 6】



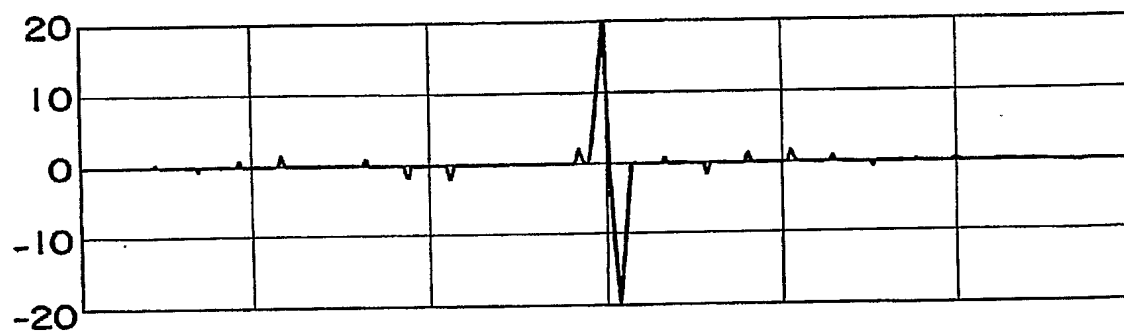
【図 7】



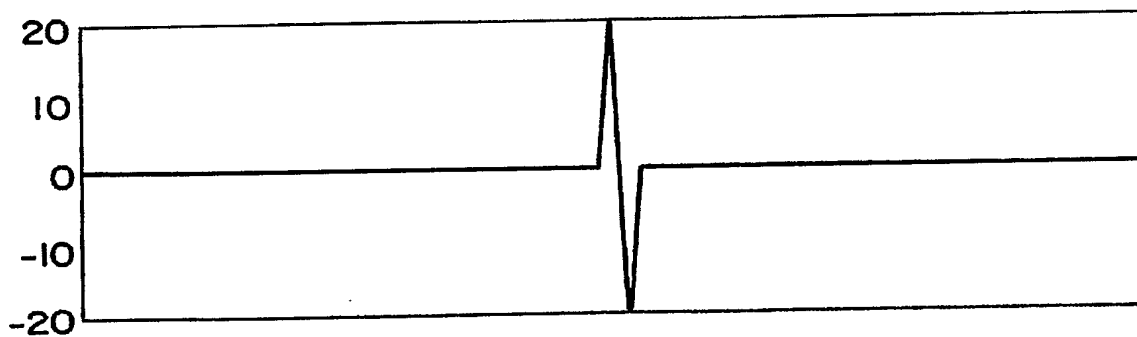
【図 8】



【図 9】

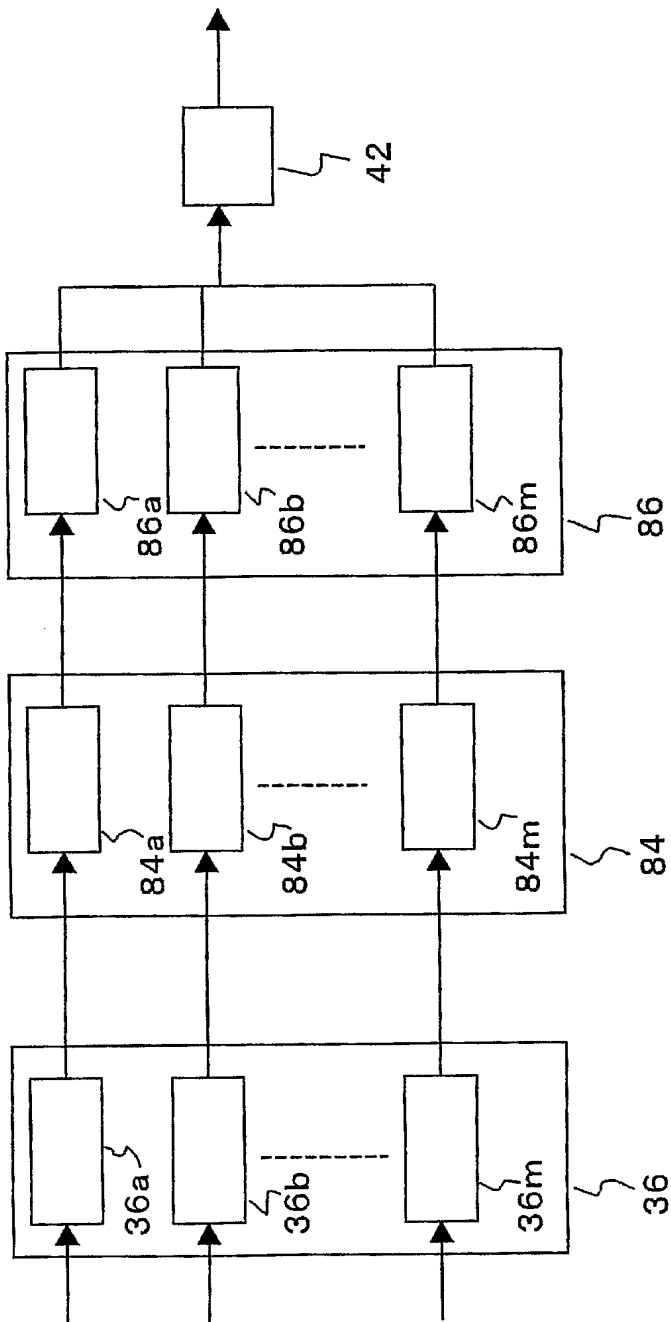


(a)

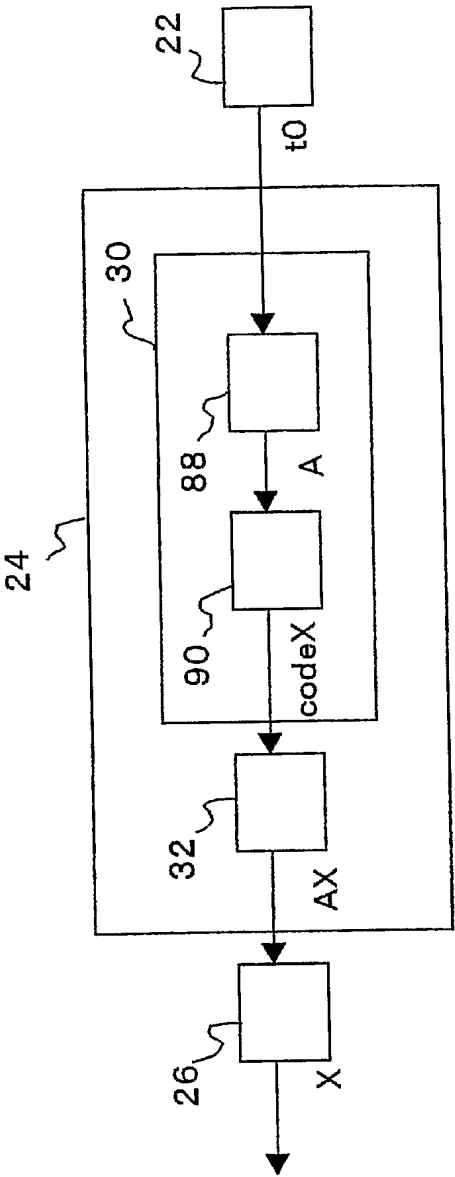


(b)

【図 10】

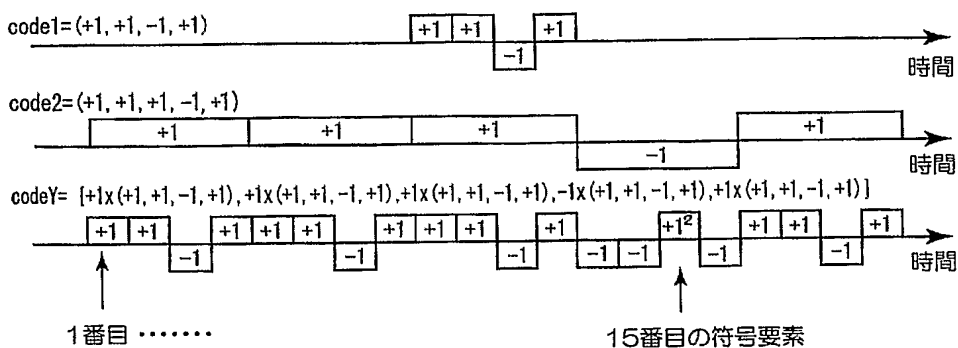


【図 11】

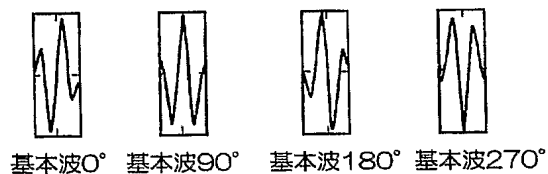


【図 12】

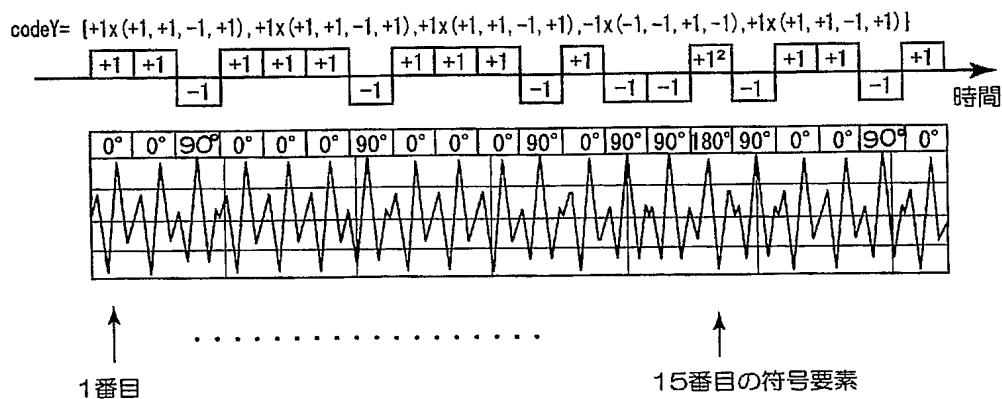
(A)



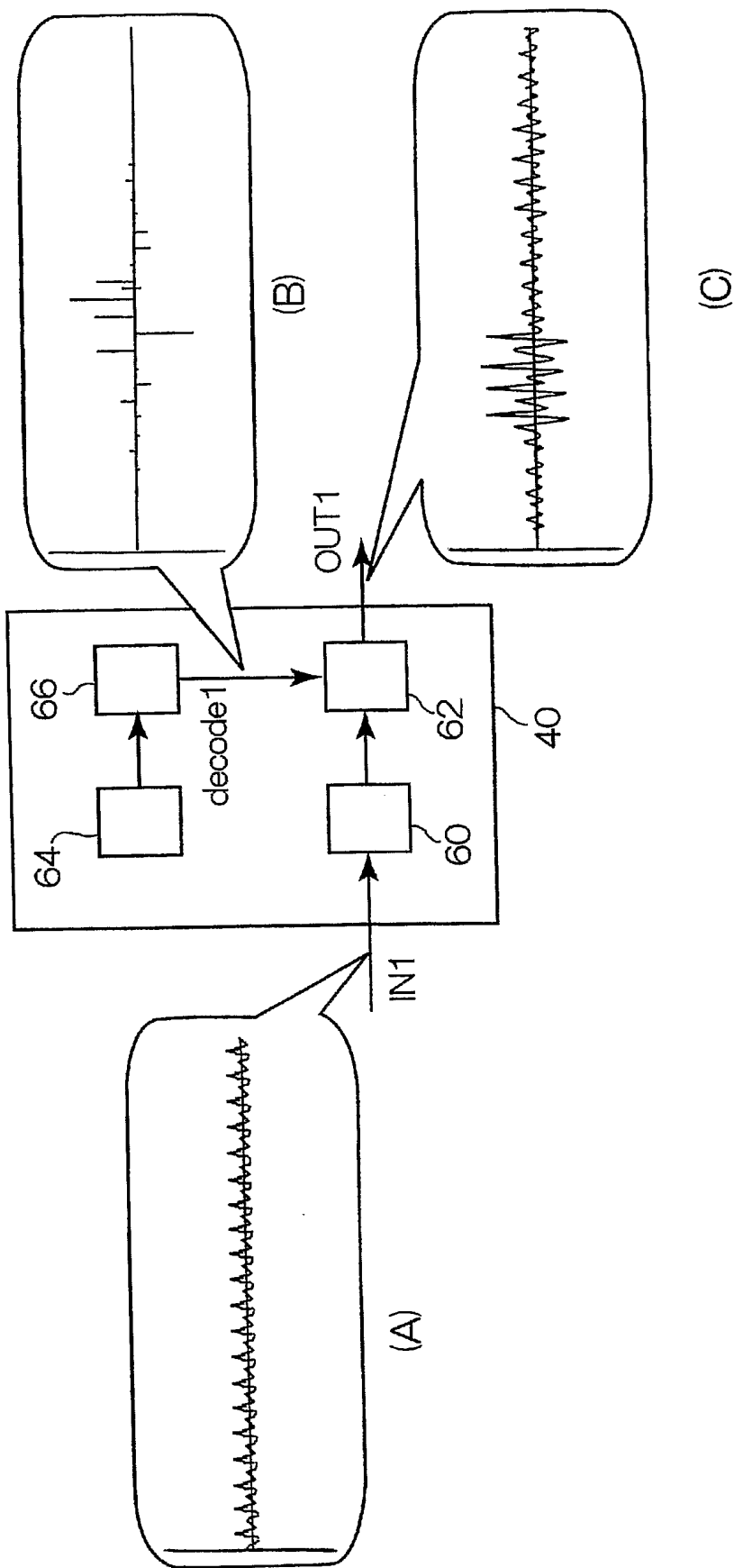
(B)



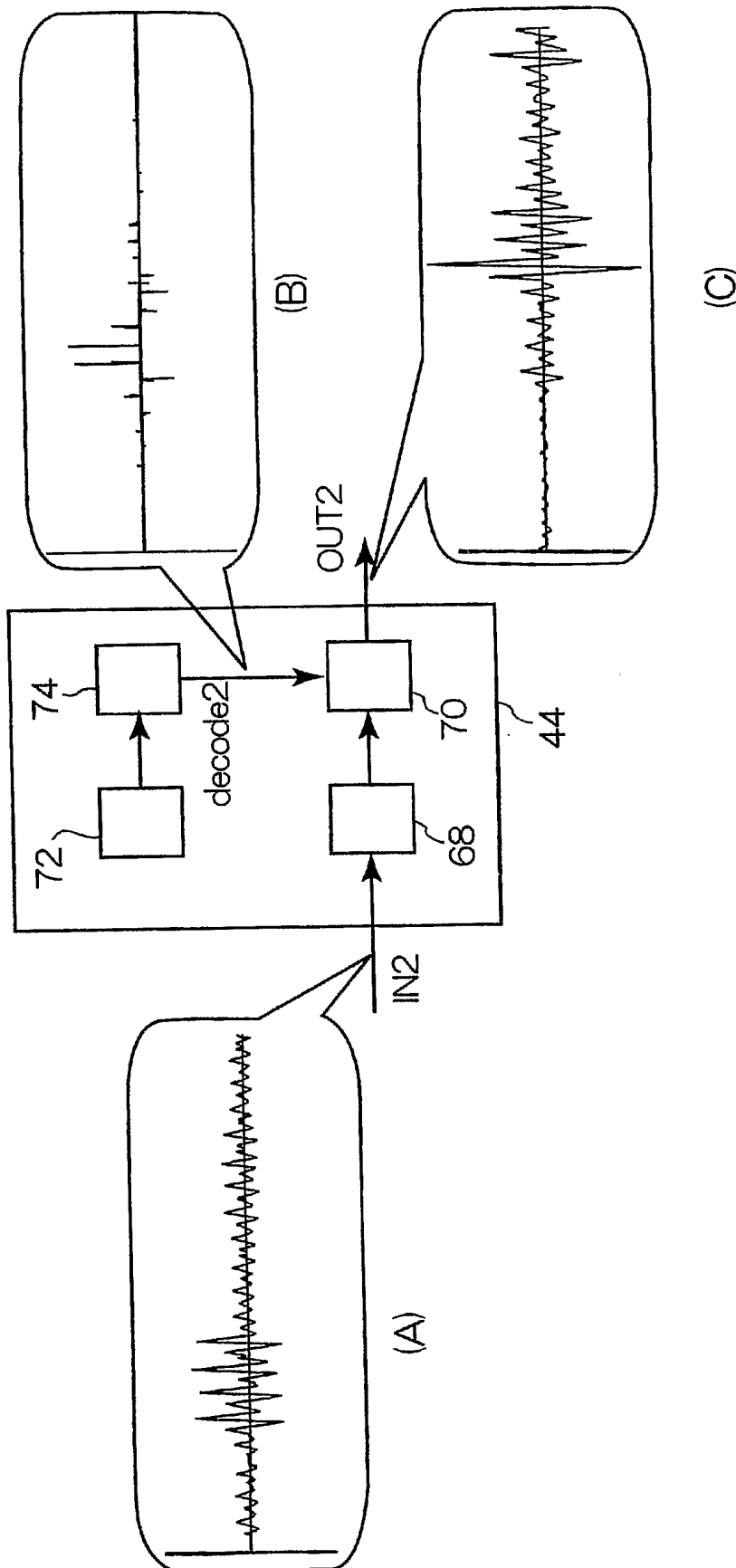
(C)



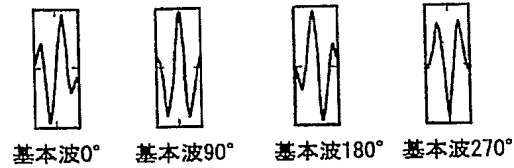
【図 13】



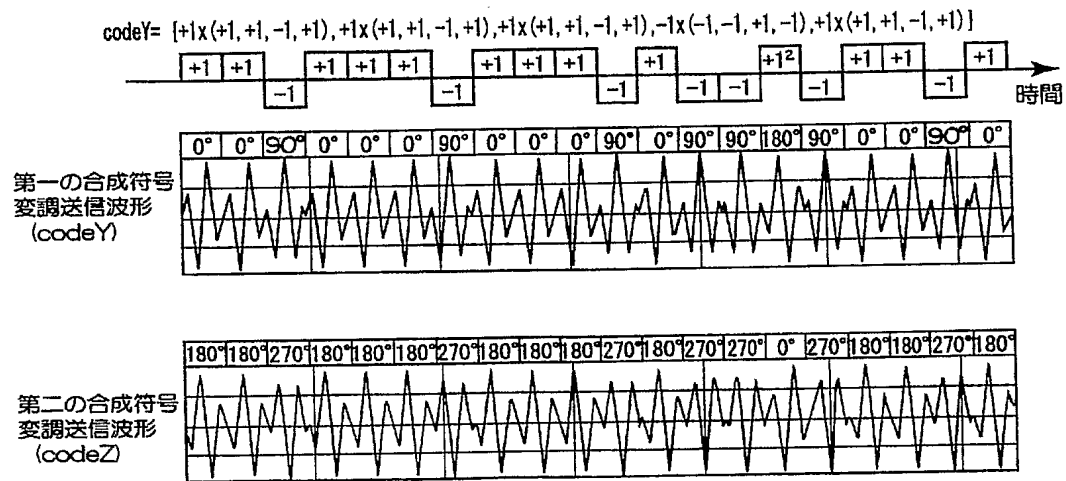
【図 14】



【図 15】



(A)



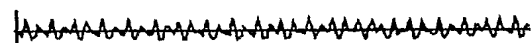
(B)

【図 16】

第一の符号  
変調送信

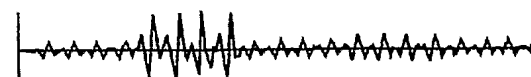


第二の符号  
変調送信

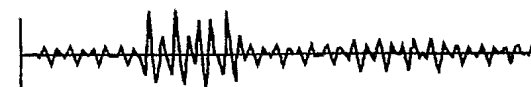


(A) 第一の符号復調手段の入力波形

第一の符号  
変調送信

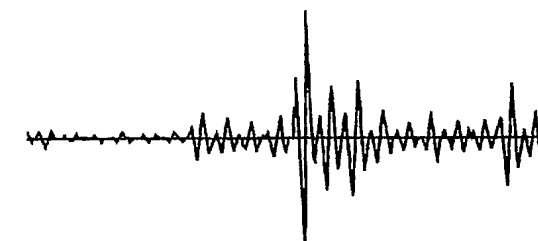


第二の符号  
変調送信

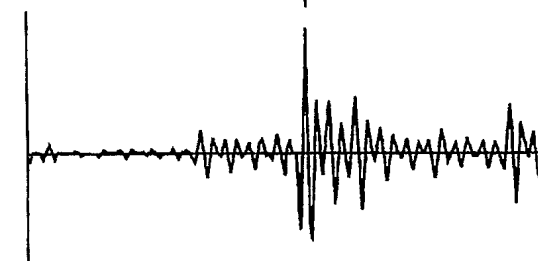


(B) 第一の符号復調手段の出力波形

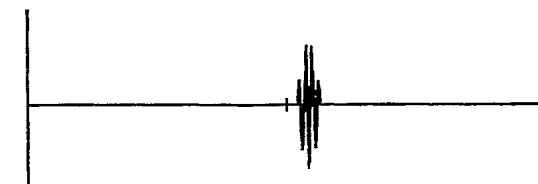
第一の符号  
変調送信



第二の符号  
変調送信

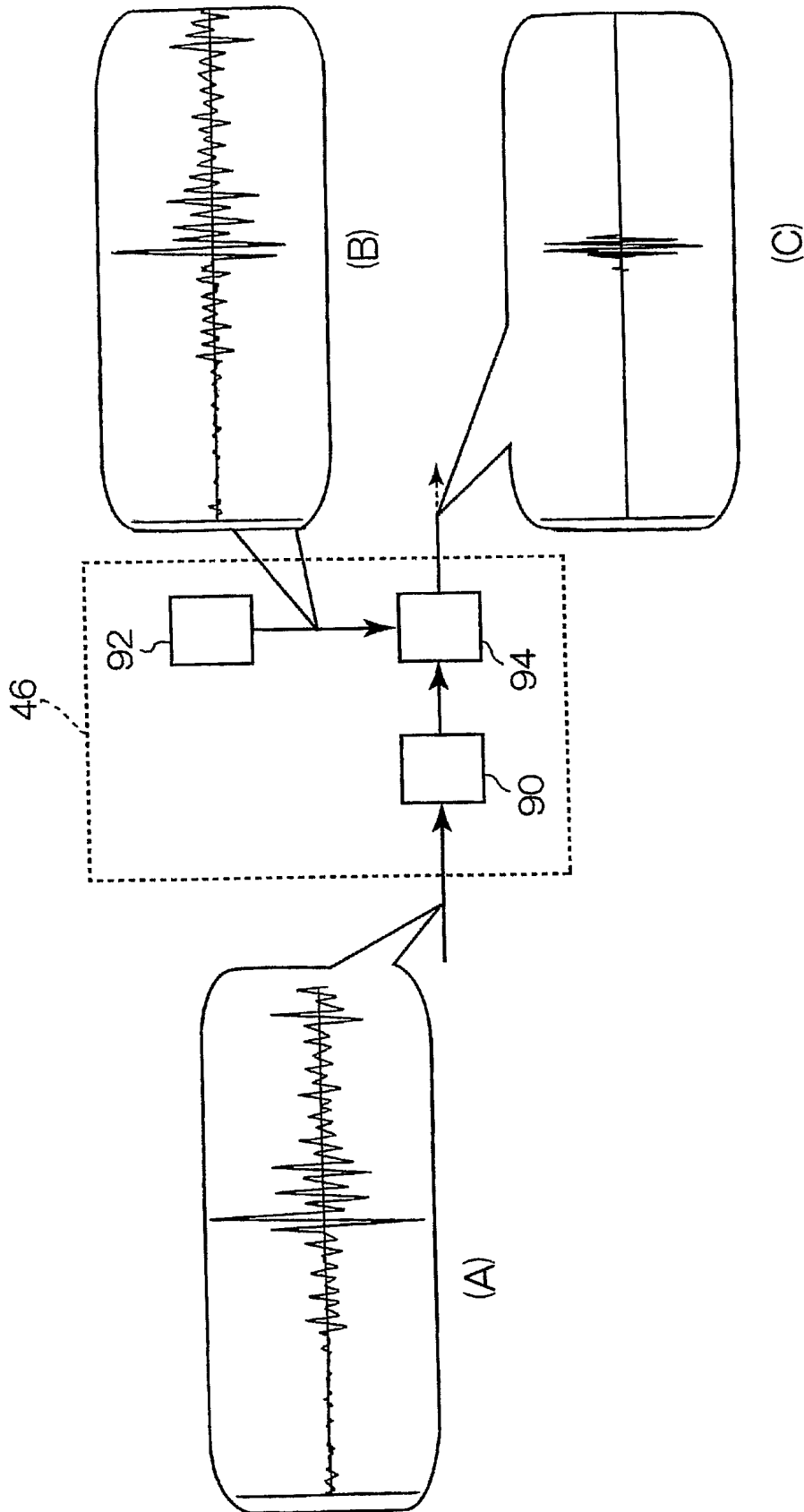



(C) 第二の符号復調手段の出力波形



(D) 合成手段の出力波形

【図 17】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 回路規模の増大を抑えつつ、タイムサイドローブを低減する符号化送受信を実現することにある。

【解決手段】 超音波診断装置は、探触子10と、送信部12と、受信部14と、画像構成部16と、表示部18とを備え、送信部12は、少なくとも2つの符号要素からなる変調符号code1、code2を合成して合成変調符号codeXを形成し、合成変調符号codeXによって基本波を変調して符号化駆動信号を生成する変調部24を有し、受信部14は、各変調符号code2、code1に対応した復調符号decode1、decode2によって探触子10から出力される受信信号を復調する合成符号復調部38を有する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 4 - 1 7 5 6 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 5 3 4 9 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区内神田 1 丁目 1 番 1 4 号

氏 名

株式会社日立メディコ